

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

1c784 U.S. PTO
09/670839

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1999年 9月29日

出 願 番 号

Application Number:

平成11年特許願第276209号

出 願 人

Applicant (s):

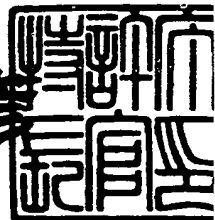
コニカ株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2000年 6月23日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特2000-304884

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光学素子、光学系、光ピックアップ装置及び成形金型

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 中心線表面平均粗さ R_a が 5 nm 以下である光学面を両面に有することを特徴とする光学素子。

【請求項 2】 前記光学面の少なくとも一方の面が非球面であることを特徴とする請求項 1 に記載の光学素子。

【請求項 3】 前記光学面の両面が非球面であることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の光学素子。

【請求項 4】 樹脂材料からなることを特徴とする請求項 1, 2 または 3 に記載の光学素子。

【請求項 5】 前記樹脂材料が熱可塑性樹脂であることを特徴とする請求項 4 に記載の光学素子。

【請求項 6】 前記樹脂材料が熱硬化性樹脂であることを特徴とする請求項 4 に記載の光学素子。

【請求項 7】 前記樹脂材料が光硬化性樹脂であることを特徴とする請求項 4 に記載の光学素子。

【請求項 8】 射出成形により成形されたことを特徴とする請求項 4, 5, 6 または 7 に記載の光学素子。

【請求項 9】 ガラス材料からなることを特徴とする請求項 1, 2 または 3 に記載の光学素子。

【請求項 10】 ガラスモールド成形により成形されたことを特徴とする請求項 9 に記載の光学素子。

【請求項 11】 前記光学面の少なくとも一方の面が、少なくとも 400 nm の波長の光に対して 5 % 以下の反射率であることを特徴とする請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の光学素子。

【請求項 12】 前記光学面の少なくとも一方の面が、300 ~ 500 nm の波長の光に対して 3 % 以下の反射率であることを特徴とする請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の光学素子。

【書類名】 特許願

【整理番号】 DTM00250

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 3/00

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都八王子市石川町 2 9 7 0 番地 コニカ株式会社内

 【氏名】 細江 秀

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都八王子市石川町 2 9 7 0 番地 コニカ株式会社内

 【氏名】 坂野 誠

【特許出願人】

 【識別番号】 000001270

 【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿 1 丁目 2 6 番 2 号

 【氏名又は名称】 コニカ株式会社

 【代表者】 植松 富司

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 012265

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【請求項 1 3】 研磨加工が施されていないことを特徴とする請求項 1 ～ 1 2 のいずれか 1 項に記載の光学素子。

【請求項 1 4】 光ピックアップ光学系に使用されることを特徴とする請求項 1 ～ 1 3 のいずれか 1 項に記載の光学素子。

【請求項 1 5】 前記光学素子がコリメータレンズであることを特徴とする請求項 1 4 に記載の光学素子。

【請求項 1 6】 前記光学素子が対物レンズであることを特徴とする請求項 1 4 に記載の光学素子。

【請求項 1 7】 前記光学素子がセンサ用光学素子であることを特徴とする請求項 1 4 に記載の光学素子。

【請求項 1 8】 中心波長が 5 0 0 n m 以下である光源を有する光ピックアップ装置に使用されることを特徴とする請求項 1 ～ 1 7 のいずれか 1 項に記載の光学素子。

【請求項 1 9】 中心線表面平均粗さ R a が 5 n m 以下である光学面を両面に有する光学素子を少なくとも 1 つ有することを特徴とする光学系。

【請求項 2 0】 前記光学素子がコリメータレンズであることを特徴とする請求項 1 9 に記載の光学系。

【請求項 2 1】 前記光学素子が対物レンズであることを特徴とする請求項 1 9 に記載の光学系。

【請求項 2 2】 前記光学素子がセンサ用光学素子であることを特徴とする請求項 1 9 に記載の光学系。

【請求項 2 3】 光ピックアップのために使用されることを特徴とする請求項 1 9 ～ 2 2 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 2 4】 請求項 1 9 ～ 2 3 のいずれか 1 項に記載の光学系の全ての光学素子が中心線表面平均粗さ R a が 5 n m 以下である光学面を両面に有する光学素子であることを特徴とする光学系。

【請求項 2 5】 中心波長が 5 0 0 n m 以下である光源を有する光ピックアップ装置に使用されることを特徴とする請求項 1 9 ～ 2 4 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 2 6】 請求項 2 ～ 1 8 のいずれか記載の光学素子を少なくとも 1 つ有することを特徴とする光学系。

【請求項 2 7】 中心波長が 5 0 0 n m 以下である光源を有するとともに、中心線表面平均粗さ R a が 5 n m 以下である光学面を両面に有する光学素子を少なくとも 1 つ有することを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項 2 8】 前記光学素子が請求項 2 ～ 1 8 のいずれか 1 項に記載の光学素子であることを特徴とする請求項 2 7 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 2 9】 請求項 2 0 , 2 1 , 2 2 または 2 4 に記載の光学系を有することを特徴とする請求項 2 7 または 2 8 の光ピックアップ装置。

【請求項 3 0】 中心線表面平均粗さ R a が 5 n m 以下である成形面を有することを特徴とする成形金型。

【請求項 3 1】 中心線表面平均粗さ R a が 5 n m 以下である光学面成形面を有することを特徴とする成形金型。

【請求項 3 2】 中心線表面平均粗さ R a が 5 n m 以下である第 1 の光学面成形面と、前記第 1 の光学面成形面に対向して設けられ、中心線表面平均粗さ R a が 5 n m 以下である第 2 の光学面成形面を有することを特徴とする成形金型。

【請求項 3 3】 前記成形面が非球面であることを特徴とする請求項 3 0 に記載の成形金型。

【請求項 3 4】 前記光学面成形面が非球面であることを特徴とする請求項 3 1 に記載の成形金型。

【請求項 3 5】 前記第 1 の光学面成形面及び前記第 2 の光学面成形面の少なくとも一方が非球面であることを特徴とする請求項 3 2 に記載の成形金型。

【請求項 3 6】 前記第 1 の光学面成形面及び前記第 2 の光学面成形面の両方が非球面であることを特徴とする請求項 3 2 に記載の成形金型。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、表面粗さを規定した光学面を有する光学素子、この光学素子を含む光学系、光ピックアップ装置及びその光学素子を得ることができる成形金型に関

するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

近年、盛んに実用化されつつある各種DVDや大容量MO等のギガバイトオーダの高密度光記録媒体による高密度記録では、そのピックアップ光学系は従来のCD用光学系と比較して、格段に高精度・高機能・高難易度化している。特に、そのキーパーツとなる非球面对物レンズでは、集光性能の向上による高NA化だけでなく、光源の光の短波長化による光学面の形状や表面粗さの高精度化等が一般的に要求されている。

【 0 0 0 3 】

特に、光の波長と同程度の微細な粒子により発生するレーリー散乱は、レーザー光のようなコヒーレント光ではもともと散乱光量が大きく、しかも使用光源の波長の4乗に反比例して大きくなるので、波長が短くなると光学面表面の微細な凹凸やゴミなどで大きな光量損失を招くようになる。これは、光ディスクの読みとりや書き込みに際して、散乱迷光による焦点スポットのコントラストの低下や光量不足によりエラーを発生するなどの深刻な不良動作の原因となる。この対策として、より出力の高い半導体レーザーを光源に用いることが考えられるが、半導体レーザーは出力が大きくなれば非常に高価となり信頼性も低くなるため、高い信頼性を要求されるピックアップ光学系においては良い方法といえない。レーリー散乱について、同一表面粗さで従来のCDの使用光源波長である780nmを1とした場合の、DVDの使用光源波長である650nm、次世代光ディスクの500nmや400nmの光源波長における散乱光強度を次の表1に示す。

【 0 0 0 4 】

表 1

使用光源波長 (nm)	7 8 0	6 5 0	5 0 0	4 0 0
レーリー散乱	(1 倍)	2 . 1 倍	5 . 9 倍	1 4 . 5 倍

表1から、使用光源の波長が500nm近傍以下になると、より急激にレーリー散乱が増加することが分かる。

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、短波長の光に関し散乱光を減じることのできる光学素子、光学系、従来よりも短波長の光源を使用した場合でも散乱光を減じ、読み取り・書き込みエラーを防止することのできる光ピックアップ装置、及び上記光学素子を得ることのできる成形金型を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明者らは、上記課題達成のため、鋭意研究の結果、短波長の光源を使用する光ピックアップ装置では、ピックアップ光学系で用いられるコリメータや対物レンズなどの光学素子の光学面の表面粗さを十分に小さくしなければならないことが分かり、特に、500nm以下の短波長の光に対しては光学面の中心線平均粗さ(Ra)が5nm以下である必要があることが判明し、本発明に至ったものである。

【0007】

即ち、本発明の光学素子は、中心線表面平均粗さRaが5nm以下である光学面を両面に有することを特徴とする。

【0008】

この光学素子によれば、その光学面（両面）が中心線表面平均粗さRaが5nm以下であると、特に、500nm以下の短波長の光に対して散乱光を減じることのできるので、500nm以下の短波長の光に適用して好適なものとなる。また、光学面の表面粗さRaは、0.5nm以上がその製作の観点から好ましく、0.5～5.0nmの範囲が好ましい。

【0009】

ここで、中心線平均粗さRaについて説明する。JISによれば、Raは次のように定義される。触針などによる表面の走査方向と高さの座標において測定された粗さ曲線において、被測定面の幾何学的形状を持つ直線または曲線で、かつ、その線から粗さ曲線までの偏差の二乗和が最小となるように設定した線をその粗さ曲線の平均線という。通常、平均線を直線にして高さ方向との直交座標で粗さ曲線を表示するが、この平均線に平行で、この直線と粗さ曲線で囲まれる面積

が、この直線の下（高い方と低い方）で等しくなる直線を中心線と呼ぶ。

【0 0 1 0】

中心線平均表面粗さ R_a は、粗さ曲線から中心線の方に測定長さ l の部分を抜き取り、この抜き取り部分の中心線を X 軸、縦倍率の方向（高さ方向）を Y 軸とし、粗さ曲線を $y = f(x)$ で表したとき、次の式（1）によって求められる値をマイクロメートルで表したものをいう。

【0 0 1 1】

$$R_a = (1/l) \int |f(x)| dx \quad (\text{但し、積分範囲は } 0 \text{ から } 1 \text{ まで}) \quad (1)$$

また、前記光学面の少なくとも一方の面が非球面であることにより、次のような更なる効果を得ることができる。即ち、光学素子の成形金型の光学面を非球面形状に形成する方法としては、従来ほとんどがダイヤモンド切削加工に依存している。このダイヤモンド切削加工によれば、ヒキ目と呼ばれるダイヤモンド工具を送りながら切削した加工痕が金型の光学面に残り、そこで光散乱が発生していた。ヒキ目は等間隔で並ぶため回折格子としての働きもするため、散乱だけでなく、回折も発生していた。そのため、従来の成形金型の非球面光学面に強い光をあてて観察すると虹色に見えていたのであるが、このような成形金型によって成形された光学素子には成形金型の光学面の表面粗さがそのまま転写するため、迷光が発生し光学面の品位を下げる要因となっていた。これを防ぐために、ダイヤモンド切削加工した金型光学面を研磨加工して表面粗さを向上することが行われていた。しかし、研磨対象の光学面が非球面形状では、形状の対称軸が光学中心しかないため通常の球面のように機械的なならい研磨を行うことができないため、作業者の技能に依存する手研磨を行っていた。研磨加工の際には、非球面光学面形状を崩さないように、光学面全体を作業者の手先の感覚により均一に研磨していたのである。従って、研磨加工の仕上がり具合は、光学面形状を崩さない範囲で表面粗さをできるだけ滑らかに落とす程度のものであり、表面粗さそのものを定量的に管理し低減する加工ではなかったのである。また、少ない例ではあるが、研削加工により光学素子金型の光学面を非球面形状に形成することも行われていた。この方法は、加工面の表面粗さが 100 nm 近いランダムな研削加工痕が残るので、後加工としてやはり研磨加工を伴っていた。この研磨加工も、上述

したように手作業による官能的なものであり、表面粗さを定量的に管理して行われたものではなかった。

【0012】

従って、光学素子の光学面の中心線平均表面粗さ R_a を明確に 5 nm と規定して、これ以下の表面粗さ R_a に非球面形状の金型光学面を加工することは、特に短波長の光学系に用いる非球面の光学面を有する光学素子を作製する場合に大きな効果がある。

【0013】

また、前記光学面の両面が非球面であることにより、上述の効果を光学面の両面で得ることができるのでより大きな効果となる。

【0014】

また、光学素子が樹脂材料からなる場合の成形金型の光学面は、その数として 90% 以上がダイヤモンド切削で形成される。従って、前述したヒキ目が切削直後にならず金型の光学表面に存在するので、散乱や回折の原因となる。そのため、上述した表面粗さを定量的に管理した光学面の金型を形成することにより、 R_a が 5 nm 以下の光学面を有する樹脂材料からなる光学素子を得ることができる。

【0015】

この場合、前記樹脂材料として熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂または光硬化性樹脂が好ましい。これらの樹脂材料による成形方法としては、射出成形、射出圧縮成形、ヒートサイクル成形、注型成形等が挙げられるが、これらに限定されるものではない。特に、射出成形により成形した場合には、簡単に製造でき製造コストを抑えることができる点で好ましく、射出圧縮成形により成形した場合には、成形金型の成形面が光学素子の光学面により高精度に転写して成形できる点で好ましい。また、ヒートサイクル成形によれば、成形金型の温度を変えてより高精度に転写して成形することができる。

【0016】

ここで、熱可塑性樹脂とは、加熱により軟化して可塑性を示し、冷却すると固化する性質を有し、従来の樹脂材料製の光学素子の大半を占める樹脂材料であり

、例えば、ポリスチレン、アクリロニトリルースチレン、ポリメチルメタクリレート、ポリカーボネイト、アモルファスポリオレフィン、ノルボルネン系樹脂等があるが、これらに限定されない。

【0017】

また、熱硬化製樹脂とは、加熱により網状構造となり3次元化して不溶不融の樹脂になり、一度硬化すると加熱により再軟化しない性質を有し、エポキシ樹脂、アクリレート系樹脂、メタクリレート系樹脂、スチレン系樹脂、ウレタン系樹脂等があるが、これらに限定されない。なお、従来、熱硬化性樹脂用の光学面成形金型の材料としては、眼鏡などではガラスが使われ、コンタクトレンズなどでは熱可塑性樹脂と同様のアルミ合金や銅などの軟質金属や無電解ニッケルメッキなどが使われていた。前者のガラス型では、研削加工によって非球面形状が形成されるので、表面粗さの向上のため前述したような手作業による後加工研磨を行っていた。後者の金型の場合は、前述したダイヤモンド切削加工で光学面を形成するので、ヒキ目による散乱や回折が問題となり、後加工の手作業による研磨では光学面形状の維持と表面粗さの改善をそれぞれ妥協したところで良しとしていた。短波長の用途では、熱硬化性樹脂の光学素子は従来ほとんど存在しなかった。好ましい熱硬化性樹脂の具体例としては、三菱化学UV1000、2000、3000、三井化学のRAV-7、日本合成ゴムのデソライトなどがある。

【0018】

また、光硬化性樹脂は、紫外線を照射することで硬化を開始する性質を有する樹脂であり、一般に熱を加えることで硬化速度が促進される。従って、同一のモノマー樹脂でも、重合開始剤を選択することにより、熱硬化性樹脂と光硬化性樹脂とに作り分けることができる。従来は、光硬化性樹脂だけで光学素子がつくられるということではなく、光学用接着剤やフォトリソグラフィ用レジストか、球面ガラスレンズの表面に厚み1~200 μ m程度で非球面形状を形成する、いわゆるハイブリッド非球面レンズとして使われるのが一般的であった。加工ブランクとなるガラス球面レンズは、従来の研磨により作られる。非球面形状は、前述の金型材料か石英やガラスなどの紫外線を透過する材料で作られたりするが、その非球面光学面の形成方法は、前述した方法による。従って、従来、型の光学面加

工において形状精度と独立に表面粗さを定量的に管理して形成されてはいなかった。光硬化性樹脂材料の具体例として、三菱化学（株）のUV1000、2000、3000や日本化薬（株）のカヤラッド、三井化学（株）のMR-6、-7などがあり、紫外線照射強度を最適化することで2～3分程度で硬化させることができる。

【0019】

また、光学素子はガラス材料からなってもよい。この場合、ガラス材料を用いた光学素子の製造方法としては、プレス成形、研削、研磨、ガラスモールド成形等があるが、特に、ガラスモールド成形により成形した場合、次のような効果がある。

【0020】

即ち、光学素子がガラス材料からなり、ガラスモールド成形により製造する場合、型材料には高い耐熱性を要求されるためセラミックや超硬材料といった非常に硬度が高い難加工材料が選ばれる。ガラスモールドによる成形光学素子の光学表面粗さも、散乱のない良質のものとするには、型の光学面の表面粗さRaも5nm以下に管理する必要がある。型材料はいずれも粉末を焼結して固まりにしたものであるが、特にセラミック材料では、各粒子が結晶化し全体としては多結晶状態として焼結されているため粒子同士の構造的な独立性が強く、研磨加工しても粒界隙間や脱落などが見られ、ピットと呼ばれる小孔が表面に観察される。このような型によって成形されたガラスレンズは、当然その光学面の表面粗さが粗く、使用光の散乱の原因となる。特に、使用光源が500nm以下の短波長となると、この光学表面散乱が顕著となり、数%に及ぶ光量ロスと、迷光が発生する。従って、一般的なセラミック材料でこれは難しいので、粒界の独立性が低い超硬材料を採用するか、または表面にCVD等で線膨張係数が近い材料をコートし、これにより成形することにより、上述の光学面を有する光学素子を効率的に製造することができる。

【0021】

また、前記光学面の少なくとも一方の面が、少なくとも400nmの波長の光に対して5%以下の反射率であることにより、少なくとも400nmの波長の短

波長の光に関し散乱光を効果的に減ずることができる。

【0022】

また、前記光学面の少なくとも一方の面が、300～500nmの波長の光に対して3%以下の反射率であることにより、300～500nmの波長の光のような短波長の光に関し散乱光を効果的に減ずることができる。なお、本明細書において「反射率」とは、表面反射（光学面での屈折率の差で決まる）と散乱による反射と回折による反射とを含めた反射率を意味する。

【0023】

また、上述の光学素子の光学面には研磨加工が施されていない。研磨加工は通常、手作業で技能者の官能に依存して行われる。切削加工や研削加工の後加工としての研磨加工は、表面粗さを十分に小さくすることができず、作業時間も、直径10mm程度の金型光学面でさえ1時間近くかかり非常に不効率である。本発明において、「研磨加工が施されていない」とは、上述のような研磨加工が施されていないことをいう。

【0024】

また、上述の光学素子を光ピックアップ光学系に使用することにより、次のような効果を得ることができる。光ピックアップ光学系の光学素子は、非常に高精度の光学面形状精度（形状誤差50nm以下）を要求され、500nm以下の短波長の光源を用いた場合に光学面の表面粗さが僅かに悪いと、大きな散乱光が発生し、読み取り・書き込み対象の光ディスク上のピットを読み出したり書き込んだりする光量を低減し、迷光となって集光点のSN比を悪くするのであるが、本発明の上述のような光学素子を使用した光ピックアップ光学系では、散乱光を減じ迷光が少なくなるので、読み出したり書き込んだりする光ディスク上の集光点のSN比を改善し、読み取り・書き込みエラーを効果的に防止できる。

【0025】

この場合、上述の光ピックアップ光学系において前記光学素子がコリメータレンズであると次のような効果がある。コリメータレンズは光源の比較的直近に配置され、他の光学素子と比較して散乱や回折などによる光量損失の程度が大きくピックアップ光学系全体に与える影響が大きいのであるが、本発明による効果に

よりコリメータレンズの光学面での散乱光や回折光が少なくなり、このため、光ディスク上の集光強度も高くでき、例えば光ピックアップ装置における受光センサの入力強度も高くでき、好ましい。

【0026】

また、上述の光ピックアップ光学系において前記光学素子が対物レンズであると、その光学面におけ散乱光や回折光を減ずることができ、光ディスク上の集光点のSN比を改善するとともに、情報信号を光ディスクからクリアにピックアップできるので、アイパターンなどでのジッターが少なく、検出エラーなどの補正が少なく、ピックアップ性能及びその信頼性を高めることができる。

【0027】

また、上述の光ピックアップ光学系において前記光学素子がセンサ用光学素子であると、センサにおける検出信号のSN比を高く維持でき、オートフォーカスやトラッキングなどのサーボ特性が向上する。

【0028】

上述のような光学素子を中心波長が500nm以下である光源を有する光ピックアップ装置に使用することにより、散乱光を減じ、読み取り・書き込みエラーを防止することができる。この場合、光学素子を光ピックアップ装置の光ピックアップ光学系においてコリメータレンズ、対物レンズ及びセンサ用光学素子に使用することにより、上述と同様の効果を得ることができる。

【0029】

また、本発明の光学系は、中心線表面平均粗さRaが5nm以下である光学面を両面に有する光学素子を少なくとも1つ有する。

【0030】

この光学系によれば、本発明による光学素子を有するから、特に、短波長の光に対し散乱光を減じることのできる光学系を実現できる。

【0031】

この場合、上述の光学系において前記光学素子がコリメータレンズ、対物レンズまたはセンサ用光学素子であるようにできる。

【0032】

上述の光学系を光ピックアップ光学系に使用すると、上述と同様の効果を得ることができる。

【 0 0 3 3 】

また、上述の光学系に含まれる全ての光学素子が中心線表面平均粗さ R_a が 5 nm 以下である光学面を両面に有する光学素子であることにより、一層効果的に短波長の光に対し散乱光を減ずることができる。

【 0 0 3 4 】

そして、上述の光学系を中心波長が 5 0 0 nm 以下である光源を有する光ピックアップ装置に使用することにより、特に、中心波長が 5 0 0 nm 以下の短波長の光に対し散乱光を減じ、読込・書き込み対象の光ディスク上の集光点の S N 比を改善し、読み取り・書き込みエラーを防止することができる。

【 0 0 3 5 】

また、上述した光学素子を少なくとも 1 つ有する光学系によれば、特に、短波長の光に対し散乱光を減じることのできる光学系を実現できる。

【 0 0 3 6 】

また、本発明の光ピックアップ装置は、中心波長が 5 0 0 nm 以下である光源を有するとともに、中心線表面平均粗さ R_a が 5 nm 以下である光学面を両面に有する光学素子を少なくとも 1 つ有する。

【 0 0 3 7 】

このピックアップ装置によれば、特に、中心波長が 5 0 0 nm 以下の短波長の光に対し散乱光を減じ、読込・書き込み対象の光ディスク上の集光点の S N 比を改善し、読み取り・書き込みエラーを防止することができる。

【 0 0 3 8 】

この場合、ピックアップ装置の前記光学素子が上述した光学素子とすることができる。

【 0 0 3 9 】

また、上述した光学系を有するように光ピックアップ装置を構成することができる。

【 0 0 4 0 】

また、本発明の一つの成形金型は、中心線表面平均粗さ R_a が 5 nm 以下である成形面を有する。この成形金型によれば、表面粗さの非常に小さな成形品を得ることができる。

【0041】

また、本発明の一つの成形金型は、中心線表面平均粗さ R_a が 5 nm 以下である光学面成形面を有する。また、本発明の一つの成形金型は、中心線表面平均粗さ R_a が 5 nm 以下である第1の光学面成形面と、前記第1の光学面成形面に対向して設けられ、中心線表面平均粗さ R_a が 5 nm 以下である第2の光学面成形面を有する。これら成形金型によれば、本発明による光学素子を得ることができる。

【0042】

また、上述の中心線表面平均粗さ R_a が 5 nm 以下である成形面を非球面とすることができる。この場合には、非面球面を有する成形品を得ることができる。

【0043】

また、上述の中心線表面平均粗さ R_a が 5 nm 以下である光学面成形面を非球面とすることにより、或いは上述の第1の光学面成形面及び第2の光学面成形面の少なくとも一方を非球面とすることにより、少なくとも一方の面が非球面である本発明の光学素子を得ることができる。

【0044】

また、上述の第1の光学面成形面及び第2の光学面成形面の両方を非球面とすることにより、両面が非球面である本発明の光学素子を得ることができる。

【0045】

【発明の実施の形態】

以下、本発明による実施の形態について図面を用いて説明する。図1は本発明の実施の形態を示すレンズの成形金型の概略的構成を示す縦断面図、及び図2は図1の成形金型により成形した非球面を有する対物レンズの断面図である。

【0046】

図1に示すように、成形金型は、上型11と下型12とを備え、上型11の成形面11aと下型12の成形面12aとが成形するレンズ1の光学面の形状に対

応する。上型 1 1 と下型 1 2 との間に例えば溶融した熱可塑性樹脂を挟んで上型 1 1 を下型 1 2 に対し押し付け、冷却してから金型を開いてレンズ 1 を取り出すことによりレンズ 1 を成形し製造することができる。

【0047】

図 1 の成形金型により成形されたレンズ 1 は、図 2 のように、光学面 1 a が上型 1 1 の成形面 1 1 a により成形され、光学面 1 b が下型 1 2 の成形面 1 2 a により成形される。レンズ 1 の光学面 1 a, 1 b は、それぞれ上型 1 1 の成形面 1 1 a と下型 1 2 の成形面 1 2 a の表面形状及び表面粗さに対応してそれぞれ形成される。即ち、成形面 1 1 a, 1 2 a の表面状態が光学面 1 a, 1 b にそれぞれ殆どそのまま転写される。

【0048】

図 2 のレンズ 1 は、破線で示す第 1 の光ディスク 5 (波長 500 nm の光源からの光で情報を読み取る) 及び第 1 の光ディスク 5 よりも薄い第 2 の光ディスク 6 (波長 400 nm の光源からの光で情報を読み取る) にそれぞれ焦点を結び各光ディスクから情報を読み取ることができるように 2 つのタイプの光ディスク 5, 6 に共用の対物レンズに構成されている。このため、図 2 に示すように、レンズ 1 の光学面 1 a は全体として非球面に形成され、共用領域 2 が光軸の中央部付近に形成され、光ディスク 6 の専用領域 3 が共用領域 2 の周囲に境界領域 4 を介して形成されている。また、レンズ 1 の光学面 1 b も、光学面 1 a よりも緩やかであるが全体として非球面に形成されている。

【0049】

図 2 の対物レンズ 1 の両光学面 1 a, 1 b は、図 1 のような成形金型により成形され、その成形後のレンズ 1 の両光学面 1 a, 1 b に対し研磨等の後加工を施さずに、両光学面 1 a, 1 b の中心線平均表面粗さ R a はともに 5 nm 以下である。このため、この対物レンズ 1 では特に 500 nm 以下の短波長に光に対し散乱光を減ずることができる。

【0050】

次に、図 1 3 により別のレンズを変形例として示す。このレンズ 4 0 は、2 重最適基板厚さレンズであり、中心部に形成された第 1 の対物レンズ部 4 1 と、そ

の周囲に溝状に形成された輪帯位相シフタ 4 2 と、その更に外周に形成された第 2 の対物レンズ部 4 3 とを備え、基板厚さの異なる光ディスクに対し共用できるように構成されている。このレンズ 4 0 の各光学面 4 0 a, 4 1 a, 4 2 a, 4 3 a は、各中心線平均粗さ R_a が 5 nm 以下に形成されており、このため、このレンズ 4 0 では特に 5 0 0 nm 以下の短波長に光に対し散乱光を減ずることができる。

【0 0 5 1】

以上のようなレンズ 1, 4 0 等の短波長の光に適切な光学素子は、成形樹脂材料として熱可塑性樹脂を用いる場合には、射出成形で成形されるのが一般的であるが、一部では射出圧縮成形により上型と下型との間のキャビティに圧縮力をかけて高精度に転写し成形してもよい。更に、熱可塑性樹脂を充填後に成形金型の温度を変えて高精度に転写し成形するヒートサイクルを組み合わせた成形方法を採用してもよい。本発明による光学素子は、その成形方法を問わず、その光学面の表面粗さを $R_a \leq 5 \text{ nm}$ 、特に $0.5 \leq R_a \leq 5 \text{ nm}$ とした光学素子である。

また、光学素子の素材としては、熱可塑性樹脂に限らず熱硬化性樹脂や光硬化性樹脂であってもよく、また光学ガラスであってもよい。熱硬化性樹脂の場合は、熱可塑性樹脂と同様に光学面（成形面）を加工された成形金型に常温で液体の樹脂を充填し、その後 1 5 0 °C 前後に加熱もしくは定温保持された成形金型内で樹脂を硬化して光学素子を成形することができる。

【0 0 5 2】

また、光硬化性樹脂の場合は、成形金型の一部をガラスなどの紫外線が透過する材料で製作し、常温で液体の樹脂を成形金型に充填した後、紫外線を照射して硬化させて光学素子を成形することができる。

【0 0 5 3】

以上のように樹脂材料の種類が異なっても、本発明による光学素子を同様に研磨等の後加工を施さずに成形により得ることができる。

【0 0 5 4】

また、光学ガラスを加熱溶融させプレスによって光学素子を成形するガラスモールド方法によっても、本発明による光学素子を同様に研磨等の後加工を施さず

に得ることができる。

【 0 0 5 5 】

次に、上述のような 5 nm 以下の中心線平均粗さ R_a の光学面を有する光学素子を含む光ピックアップ光学系及び光ピックアップ装置について図 8 及び図 9 により 2 例説明する。

【 0 0 5 6 】

図 8 に示す光ピックアップ装置 2 0 は、光ピックアップ光学系 2 1 と、400 nm の中心波長を有する光を発光するレーザダイオードからなる光源 2 2 と、フォトダイオードからなる受光センサ 2 3 とを備え、波長 400 nm の短波長の光により光ディスク 6 から情報を読み取るように構成されている。なお、光ピックアップ装置 2 0 は、図 8 の横方向に光ディスク 6 に対し移動して自動的にフォーカシングができるようにオートフォーカスサーボ機構（図示省略）を備え、また、図 8 の縦方向に自動的に移動するようにオートトラッキングサーボ機構（図示省略）を備える。

【 0 0 5 7 】

光ピックアップ光学系 2 1 は、光源 2 2 からのレーザ光を回折する回折格子 2 4 と、回折格子 2 4 からの光を光ディスク 6 に向けて反射するとともに光ディスク 6 からの光を受光センサ 2 3 に向けて透過させるビームスプリッタ 2 5 と、ビームスプリッタ 2 5 で反射した光を平行光にするコリメータレンズ 2 6 と、コリメータレンズ 2 6 からの平行光を光ディスク 6 上に集光する対物レンズ 2 7 とを備える。

【 0 0 5 8 】

この光ピックアップ光学系 2 1 を構成する光学素子 2 4 ～ 2 7 のうち、コリメータレンズ 2 6 の両光学面 2 6 a, 2 6 b 及び対物レンズ 2 7 の両光学面 2 7 a, 2 7 b の各中心線平均表面粗さ R_a が 5 nm 以下に形成されている。

【 0 0 5 9 】

図 8 の光ピックアップ装置 2 0 によれば、光源 2 2 からのレーザ光が回折格子 2 4 で回折され、ビームスプリッタ 2 5 で反射し、コリメータレンズ 2 6 で平行光にされてから、対物レンズ 2 7 で回転中の光ディスク 6 上に焦点を結んで集光

され、この集光された光が光ディスク 6 から反射し、その反射光が上述と逆の経路を辿り、ビームスプリッタ 25 を通過して受光センサ 23 で受光しその光の強弱を電気信号に変換することにより、光ディスク 6 の情報を読む取ることができる。

【0060】

この場合、コリメータレンズ 26 は光源 22 の比較的直近に配置され、他の光学素子と比較して散乱や回折などによる光量損失の程度が大きくピックアップ光学系全体に与える影響が大きいのであるが、コリメータレンズ 26 の両光学面 26a, 26b の表面粗さ Ra が 5 nm 以下に形成されているので、光学面 26a, 26b における散乱光や回折光の発生が少なくなり、このため、光ディスク 6 上の集光強度も高くでき、受光センサ 23 への入力強度も高く、読み取りエラーが発生し難くなる。

【0061】

また、対物レンズ 27 はその両光学面 27a, 27b の表面粗さ Ra が 5 nm 以下に形成され、散乱光や回折光の発生が減り迷光が少なくなるので、光ディスク 6 上の集光強度が高くなり S/N 比が向上し、また光ディスクから情報をクリアに読み取ることができるので、アイパターンなどによるジッターが少なく、検出エラーなどの補正が少なく、ピックアップ性能及びその信頼性を高めることができる。

【0062】

なお、光ピックアップ光学系 21 における他の光学素子の回折格子 24 及びビームスプリッタ 25 の各光学面は Ra が 5 nm を超えて形成されていても良いが、Ra が 5 nm 以下になるように形成すると、更に本発明の効果を得ることができる。

【0063】

次に、別の光ピックアップ装置を図 9 により説明する。この光ピックアップ装置 30 は、2 つの違う種類の光ディスクを 1 台の装置で読み取ることのできる共用タイプに構成され、光ピックアップ光学系 31 と、500 nm の中心波長を有する光を発光するレーザダイオードからなる第 1 の光源 33 と、400 nm の中

心波長を有する光を発光するレーザダイオードからなる第 2 の光源 3 2 と、フォトダイオードからなる受光センサ 3 4 とを備える。

【 0 0 6 4 】

光ピックアップ装置 3 0 は、第 1 の光ディスク 5 がセットされたとき第 1 の光源 3 3 からの波長 5 0 0 n m の短波長の光によりその情報を読み取り、第 2 の光ディスク 6 がセットされたとき第 2 の光源 3 2 からの波長 4 0 0 n m のより短波長の光によりその情報を読み取ることができるように構成されている。なお、光ピックアップ装置 3 0 は、図 8 と同様に、オートフォーカスサーボ機構（図示省略）とオートトラッキングサーボ機構（図示省略）とを備える。

【 0 0 6 5 】

光ピックアップ光学系 3 1 は、第 1 の光源 3 2 からのレーザ光を回折する回折格子 3 5 と、回折格子 3 5 からの光を光ディスク 5 または 6 に向けて反射するとともに光ディスク 5 または 6 からの光を受光センサ 3 4 に向けて透過させる第 1 のビームスプリッタ 3 7 と、第 2 の光源 3 3 からのレーザ光を光ディスク 5 または 6 に向けて反射するとともに光ディスク 5 または 6 からの光を受光センサ 3 4 に向けて透過させる第 2 のビームスプリッタ 3 8 と、第 1 または第 2 のビームスプリッタ 3 7 または 3 8 で反射した光を平行光にするコリメータレンズ 3 9 と、コリメータレンズ 3 9 からの平行光を光ディスク 5 または 6 に集光する対物レンズ 4 0 と、受光センサ 3 4 に集光するセンサレンズ 3 6 とを備える。対物レンズ 4 0 は図 2 に示すものから構成することができる。

【 0 0 6 6 】

この光ピックアップ光学系 3 1 を構成する光学素子 3 5 ～ 4 0 のうち、コリメータレンズ 2 6 の両光学面 2 6 a, 2 6 b、対物レンズ 2 7 の両光学面 2 7 a, 2 7 b 及びセンサレンズ 3 6 の両光学面 3 6 a、3 6 b の各中心線平均表面粗さ R_a が 5 n m 以下に形成されている。

【 0 0 6 7 】

図 9 の光ピックアップ装置 3 0 によれば、第 1 の光ディスク 5 が装置にセットされると、第 1 の光源 3 3 からのレーザ光が回折格子 3 5 と第 1 のビームスプリッタ 3 7 と第 2 のビームスプリッタ 3 8 とコリメータ 3 9 と対物レンズ 4 0 を介

して回転中の第 1 の光ディスク 5 上に焦点を結んで集光され、この集光された光が第 1 の光ディスク 5 から反射し、その反射光が上述と逆の経路を辿り、センサレンズ 3 6 で集光されて受光センサ 3 4 で受光しその光の強弱を電気信号に変換することにより、第 1 の光ディスク 5 の情報を読む取ることができる。

【0068】

また、第 2 の光ディスク 6 が装置にセットされると、第 2 の光源 3 2 からのレーザ光が第 2 のビームスプリッタ 3 8 とコリメータ 3 9 と対物レンズ 4 0 を介して回転中の第 2 の光ディスク 6 上に焦点を結んで集光され、この集光された光が第 2 の光ディスク 6 から反射し、その反射光が上述と逆の経路を辿り、センサレンズ 3 6 で集光されて受光センサ 3 4 で受光しその光の強弱を電気信号に変換することにより、第 2 の光ディスク 6 の情報を読む取ることができる。

【0069】

この場合、コリメータレンズ 3 9 及び対物レンズ 4 0 は、各光学面 3 9 a, 3 9 b, 4 0 a, 4 0 b の表面粗さ R_a が 5 nm 以下に形成されているので、各光学面における散乱光や回折光の発生が少なくなり読み取りエラーを防止できる等の図 8 と同様の効果を得ることができる。

【0070】

また、センサレンズの両外面側の光学面 3 6 a, 3 6 b の表面粗さ R_a が 5 nm 以下に形成されているので、センサレンズ 3 6 において散乱光や回折光の発生が少なくなり、検出信号の SN 比を高く維持でき、オートフォーカスやトラッキングなどのサーボ特性が向上する。

【0071】

なお、光ピックアップ光学系 3 1 の他の光学素子の回折格子 3 4 及びビームスプリッタ 3 7, 3 8 の各光学面は R_a が 5 nm を超えて形成されていても良いが、 R_a が 5 nm 以下になるように形成すると、更に本発明の効果を得ることができる。

【0072】

次に、本発明による光学素子の成形方法について説明する。図 1, 図 2, 図 3 において、各レンズの各光学面 1 a, 1 b, 4 0 a ~ 4 3 a には成形金型の各

成形面 1 1 a、1 2 a 等の表面状態が殆どそのまま転写されるので、レンズの光学面 1 a、1 b、4 0 a ~ 4 3 a の表面粗さは、成形金型の成形面 1 1 a、1 2 a の表面粗さに依存する。従って、まず、従来の成形方法における成形金型の問題点を以下に詳細に説明する。

【0 0 7 3】

従来のピックアップ光学系に用いられる光学素子の光学面の成形方法では、プラスチック成形レンズにおいては、無電解ニッケルメッキなどで製作された成形金型の光学面転写面を、超精密旋盤とダイヤモンド工具とにより切削加工をしていた。この場合、加工表面粗さは、用いられる超精密旋盤の運動精度、ダイヤモンド工具精度、切削条件、金型材料の 4 つの因子により支配される。

【0 0 7 4】

次に、従来の成形光学素子の光学面を成形転写する成形金型の光学面（成形面）の形成方法の問題点を述べる。

【0 0 7 5】

1. 金型材料：無電界ニッケルメッキ（ENP）

従来、最も一般的な光学面（成形面）成形用金型の材料は、鋼材の上に 1 0 0 μ m 程度の厚みに形成した無電界ニッケルメッキ（Electroless Nickel Plating、以後「ENP」と称する。）である。このメッキ層を 2 軸超精密旋盤を用いて、すくい面形状が円である R ダイヤモンド工具により旋削して成形金型の光学面（成形面）を得ていた。図 1 0 は、ENP のダイヤモンド切削面を原子間力顕微鏡（AFM）で観察した結果で、切削長は 3 k m 程である。切削表面には数 n m の凹凸やむしれが生じており、n m オーダーの加工としてはそれほど完全に行われていないことがわかる。このときの R ダイヤモンド工具の刃先状態を図 1 1 に示す。図 1 1 の左側が逃げ面で、右側がすくい面である。初期状態では鋭敏であった刃先には多くのチッピングが発生して摩耗しており、切削面を形成する刃先稜部が 1 0 0 n m ほど工具中心へ後退しているのがわかる。このように不均一に刃先稜が後退する状態では、刃先の場所により工具損耗量が異なり、切削中のすくい面形状の真円度は保持されないことがわかる。つまり、いくら初期すくい面真円度の良い工具を用いても、従来の ENP を金型材料に用いる限り、光学面（成

形面)の形成加工中に容易に刃先形状が変化して、その初期精度に見合った表面粗さの小さい高品位な成形金型光学面が長期にわたっては得られないことがわかる。

【0076】

2. Rダイヤモンド工具のすくい面真円度

前述したRダイヤモンド工具において、このすくい面の真円度が加工光学面精度として旋削により直接転写加工されるため、工具真円度の良いことが高精度金型光学面を得るために重要であると思われてきた。前項の結果、工具損耗が大きいENPを使う場合では工具真円度を50nm以下にしてもあまり有意性はないが、一般に工具真円度を良くするためにRダイヤモンド工具のすくい面や逃げ面を精密に研磨した結果切れ刃稜線に微少なチッピングが無く鋭いことが表面粗さのよい光学面を得るために必要な条件であることに変わりはない。図12に示したのは、従来のRダイヤモンド工具の刃先稜線の真円度である。横軸は、工具中央を0°としてすくい面円の中心から左右に角度を取ったものである。大きな凹凸が何カ所にも見られ、切れ刃が不揃いであることがわかる。また、光学面を高精度な形状に形成するという観点からも、次世代高密度光記録用の対物レンズ等では他の誤差要因も考慮すると30nm以下の工具真円度が必要と考えられるが、従来のRダイヤモンド工具では真円度は50nm程度となっている。

【0077】

3. 工作機械(超精密旋盤)

前述した理由により、工作機械には十分小さな表面粗さを形成できる運動精度が求められる。また、高精度なダイヤモンド旋削加工が量産金型加工技術として有意性を持つには、高い加工再現性が特に重要である。つまり、工作機械には、温度や気圧などの外乱要因の影響を受けることなく、成形金型と工具との相対位置関係を高精度に維持し、超精密な運動精度を再現性良く実現できることが求められている。

【0078】

従来の代表的な超精密旋盤によりアルミニウム合金S3Mを平面切削したときの表面粗さは、 $R_{tm} = 10\text{nm}$ 前後であった。実際の金型材料である無電解ニ

ツケルメッキを切削加工した場合では、光学面表面粗さは $R_{t m} = 30 \sim 50 \text{ nm}$ 、 $R_a = 5 \sim 15 \text{ nm}$ 程度であった。そのため、この成形金型で成形転写される光学素子の光学面も大凡この程度の表面粗さであり、このような従来の手法による光学面加工では、ダイヤモンド切削加工のみで 500 nm や 400 nm といった次世代の短波長の光源を持つ光ディスク用ピックアップ光学系における散乱光量の低い光学素子を得ることはできなかった。また、従来、光学表面上のカッターマークを消すなどの外観的な品位向上のために、一部ではダイヤモンド切削後の成形金型に手作業を主体とした研磨加工を施すことが行われていた。しかし、従来のダイヤモンド切削では上述したような諸要因のためにカッターマークが深く、従って、光学面の研磨取りしろが多かったため、研磨加工中にせっかく形成した光学面（成形面）形状を崩してしまうことが頻繁に発生していた。そもそもこの研磨加工は、短波長光源の散乱を減らすことを目的にはしていないため、特に短波長光源を用いる光学系では波長が短いだけ光学面の形状崩れにより光学性能を劣化させる影響が大きく、このような手作業を主体とした研磨後加工は一定の光学面精度を維持して金型を製作する上で、効率および品質の問題があった。

【 0 0 7 9 】

以上から、従来のダイヤモンド切削による光学素子の成形金型加工では、短波長光源を用いたピックアップ光学系の光学素子を光学面形状の精度を高く維持しながら散乱の少ない光学面を得ることは非常に難しかったのである。

【 0 0 8 0 】

上述したように、本発明者の検討によれば、使用光源の波長が 400 nm の場合では散乱光量が従来の CD レベルよりも一桁程度増加するため、光学素子の光学面の表面粗さは少なくとも $R_{t m} < 30 \text{ nm}$ 、 R_a （中心線平均表面粗さ） $< 3 \text{ nm}$ 程度が満たされなければならないことが判明したのであるが、光学素子の表面粗さを決める成形金型加工における光学面（成形面）の表面粗さは、前述した 4 つの因子が相互に繋がって支配されると考えられるので、より散乱の少ない光学面を得る高精度な成形金型光学面加工を実現するには、これらの因子の全てにわたって同時並行的に改良がなされる必要があることがわかった。

【0081】

本発明者らは、上述のように従来技術の問題点を検討した結果、以下のような創意工夫を同時並行的に行うことにより、図2や図13に示すようなレンズ等を形成するため、表面粗さが $R_{t m} < 5 \text{ nm}$ 、 $R_a < 1 \text{ nm}$ という、従来にない極めて滑らかな成形金型の非球面等の光学面（成形面）を切削のみで形成することに成功したのである。

【0082】

1. 金型材料として高被削性材料を用い、この材料は金型材料として十分な機械強度と硬度（ $H_v 520$ ）を有し、以下の超精密ダイヤモンド工具と超精密旋盤とを用いて金型加工することにより、3 km長切削しても図3に示すように極めて滑らかな切削加工面を実現でき、図4に示すように、工具刃先にチッピングがほとんど発生せず刃先が極めて緩やかに均一に摩耗し、従って、初期工具すくい面の真円度が加工中も長く維持されて、高精度な金型加工が実現できた。

【0083】

2. 超精密ダイヤモンド工具について、5 nm分解能の工具真円度測定器を用いて、初期すくい面真円度を正確に把握しその向上に努めた結果、図5に示すように工具すくい面真円度が30 nm以下の超精密Rダイヤモンド工具が選定できるようになった。

【0084】

3. 超精密旋盤について、軸分解能1 nm、スライドテーブル剛性1000 N/ μm の超精密旋盤を新たに開発し、S3Mの平面加工において表面粗さ $R_{t m} = 4.9 \text{ nm}$ 、 $R_a = 0.800 \text{ nm}$ が得られた。また、環境変化による工具位置のドリフトが最小となるように基本設計を行い、図6及び図7の加工後の球面切削面の干渉計写真に示すように、R3 mm凹球面（法線角 48° ）を6時間加工し続けても、室温変化 0.5°C で、加工形状変化が50 nm以下という高い加工再現性を実現できた。

【0085】

【実施例】

次に、本発明による光学素子を作製した実施例1，2について説明する。

【 0 0 8 6 】

〈実施例 1〉

実施例 1 として、以上の技術を駆使して、400 nm 対応の光ディスク用コリメータレンズの成形金型を作製したところ、成形金型の光学面（成形面）の表面粗さは、 $R_{t m} = 5.8 \text{ nm}$ 、 $R_a = 1.4 \text{ nm}$ であった。この成形金型を用いて熱可塑性樹脂により射出成形したコリメータレンズの表面粗さは、成形金型の光学面（成形面）とほぼ同様の値となり、両光学面に表面反射防止コートを実施した場合の透過率は波長 400 nm の光に対し 94 % であった。実用上全く問題なく、両光学面での散乱はほとんど観察されなかった。なお、表面粗さは図 3 において図の横方向（切削方向に対し直交する方向）に測定した。

【 0 0 8 7 】

〈実施例 2〉

次に、実施例 2 として、ガラスモールドによりガラス材料の短波長光源用対物レンズを作製した。まず、研削加工により超硬材料を母材とする成形金型に光学面（成形面）を形成し従来の研磨加工を行った後、 $1 \sim 2 \mu\text{m}$ の粒径を持つ微細なダイヤモンド砥粒により数分間研磨することによって表面粗さを $R_{t m} = 10 \text{ nm}$ 、 $R_a = 3 \text{ nm}$ 程度にすることができた。更に、保護コートとして、Pt / Ir スパッタリングによるコーティングを施し、 $0.5 \mu\text{m}$ の厚さで成形金型の光学面（成形面）に形成した。この成形金型により成形した対物レンズを、表面反射防止コートを施してから、波長 400 nm の光の透過率を測定したところ、95 % 以上となり対物レンズの光学面での散乱がほとんどなく、クリアな焦点を結ぶことができた。

【 0 0 8 8 】

上述のようなガラスモールドに用いられる成形金型は、通常セラミックスや超硬材料などの極めて硬い耐熱材料で作られ、その光学面（成形面）には保護コートが施される場合が多い。この成形金型の保護コートは、成形金型の光学面が 600 °C 前後に加熱されることで母材が酸化して劣化したり、型プレス時に成形ガラスが張り付いて使用できなくなるのを防ぐためのものである。しかし、保護コートの厚さは、通常 $1 \mu\text{m}$ 前後と薄いので、成形転写される光学面形状や表面粗

さはその母材であるセラミックや超硬材料の加工結果に支配される。このため、成形金型は研削加工によってその光学面（成形面）の形成が行われるが、研削加工だけでは表面粗さが大きいので、後加工として研磨加工を行う。このときの一般的な研磨加工の仕上げ表面粗さは、従来の用途では光源波長が 500 nm よりも長波長側であったため、 $R_{tm} \approx 30\text{ nm}$ 、 $R_a \approx 10\text{ nm}$ 程度であった。このため、従来の仕様外である短波長用の光学素子としては、十分な表面粗さを得ることができなかったのであるが、本実施例では、上述のように R_a が 5 nm 以下の光学面を有する対物レンズをガラス成形で得ることができた。

【0089】

次に、中心線平均表面粗さ R_a の測定方法について説明する。表面粗さの測定方法には非接触式と触針式の2種類があり、非接触式では可視光を用いる他に、電子線によるSEM（走査型電子顕微鏡）を使った方法、また接触式では機械的に被験物の表面をトレースする方式の他に、AFMなどプローブ走査型顕微鏡による方法などがある。非接触式は、測定物を測定中に傷つけたり変形させたりすることがない反面、測定の横分解能は波長程度、つまり可視光では $0.5\text{ }\mu\text{ m}$ 程度しか期待できないため、たとえ深くても非常に微小な大きさの凹凸は、検出できない。また、SEMなどでは横分解能が 10 nm 前後あるが縦分解能も 10 nm 程度となるため、表面粗さ測定としてはそれほど測定精度が高くはない。機械式の表面粗さ測定では、被験物表面をトレースする触針先端の大きさにより、検出できる凹凸の大きさが決まり、触針の先端より小さな大きさで深い凹凸はやはり測定できない。この場合、触針の測定圧力を非常に小さくして、測定表面の傷や変形を防いで測定を行う。

【0090】

なお、中心線平均表面粗さ R_a は、上述の式（1）で定義されるが、同一被験物を測定したときに前述した接触式や非接触式などの測定方法によらず、比較的良く一致すること、ゴミやほこり、局所的な傷など、本来の表面粗さに関係のない誤差要因に対して影響を受けにくいという特徴がある。従って、 R_a 値は散乱という光学面の全体的な物理現象と相関を得るためには、最適な表面粗さ値である。

【0091】

以上のように本発明を実施の形態及び実施例により説明したが、本発明はこれらに限定されるものではなく、本発明の技術的思想の範囲内で各種の変形が可能である。例えば、光学素子の種類には特に限定はなく、ミラー等のレンズ以外の光学素子でもよいことは勿論であり、また、その製造方法は成形方法に限定されない。また、光学素子の光学面は、必ずしも非球面である必要はなく、球面、平面等の他の形状であってもよいことは勿論である。

【0092】

また、本発明の光学素子を含む光学系は、光ピックアップ光学系以外の光学系でもよく、特に波長500nm以下の光を用いる光学系に好適である。また、かかる光学系を含む光ピックアップ装置は、光ディスクに情報を書き込む装置であってもよい。

【0093】

【発明の効果】

本発明によれば、特に500nm以下の短波長の光に関し散乱光を減じることのできる光学素子及び光学系を提供できる。

【0094】

また、特に500nm以下の短波長の光源を使用した場合でも散乱光を減じ、読み取り・書き込みエラーを防止することのできる光ピックアップ装置を提供できる。

【0095】

また、特に上述の光学素子を得ることのできる成形金型を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施の形態による成形金型の概略的な縦断面図である。

【図2】

本発明の実施の形態による光学素子であって、図1の成形金型により成形され両光学面が非球面に形成されその中心線平均表面粗さRaが5nm以下の対物レンズの断面図である。

【図 3】

本発明の実施の形態による成形金型の光学面（成形面）の切削平面の様子を示す図である。

【図 4】

図 3 の成形金型の光学面（成形面）の切削平面を形成するのに用いた新超精密 R 切削ダイヤモンド工具の先端部分の様子を示す図である。

【図 5】

図 4 の超精密 R 切削ダイヤモンド工具の刃先のすくい面の真円度を測定した図である。

【図 6】

本発明の実施の形態において切削加工により成形金型の球面切削面を最初に加工した後の干渉計写真を示す図である。

【図 7】

図 6 の切削加工を 6 時間続けた後の成形金型の球面切削面の干渉計写真を示す図である。

【図 8】

本発明の実施の形態による光ピックアップ光学系及びこの光学系を含む光ピックアップ装置の概略を示す図である。

【図 9】

図 8 とは別の光ピックアップ光学系及びこの光学系を含む光ピックアップ装置の概略を示す図である。

【図 1 0】

従来の切削方法による成形金型の E N P 光学面（成形面）の切削平面の様子を示す図である。

【図 1 1】

図 1 0 に示す従来の成形金型の E N P 光学面（成形面）の切削平面を形成するのに用いた切削ダイヤモンド工具の先端部分の様子を示す図である。

【図 1 2】

図 1 1 の従来の切削ダイヤモンド工具の刃先のすくい面の真円度を測定した図

である。

【図 1 3】

本発明の実施の形態による別の光学素子の断面図である。

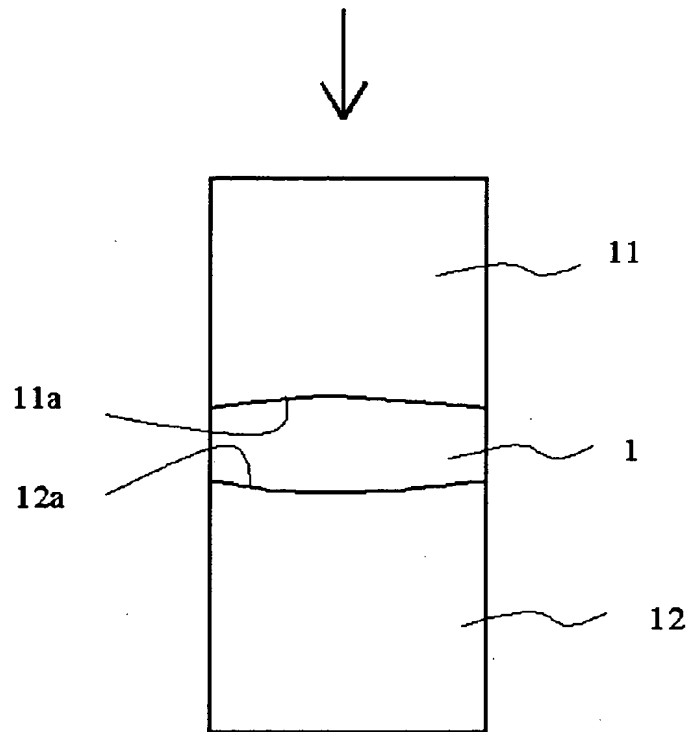
【符号の説明】

1	対物レンズ（光学素子）
1 a, 1 b	光学面
5	第 1 の光ディスク
6	第 2 の光ディスク
1 1	上型
1 1 a	上型の成形面（光学面）
1 2	下型
1 2 a	下型の成形面（光学面）
2 0, 3 0	光ピックアップ装置
2 1, 3 1	光ピックアップ光学系
2 2, 3 2, 3 3	光源
2 3, 3 4	受光センサ（光学素子）
2 6, 3 9	コリメータレンズ（光学素子）
2 7, 4 0	対物レンズ（光学素子）
3 6	センサレンズ（センサ用光学素子）

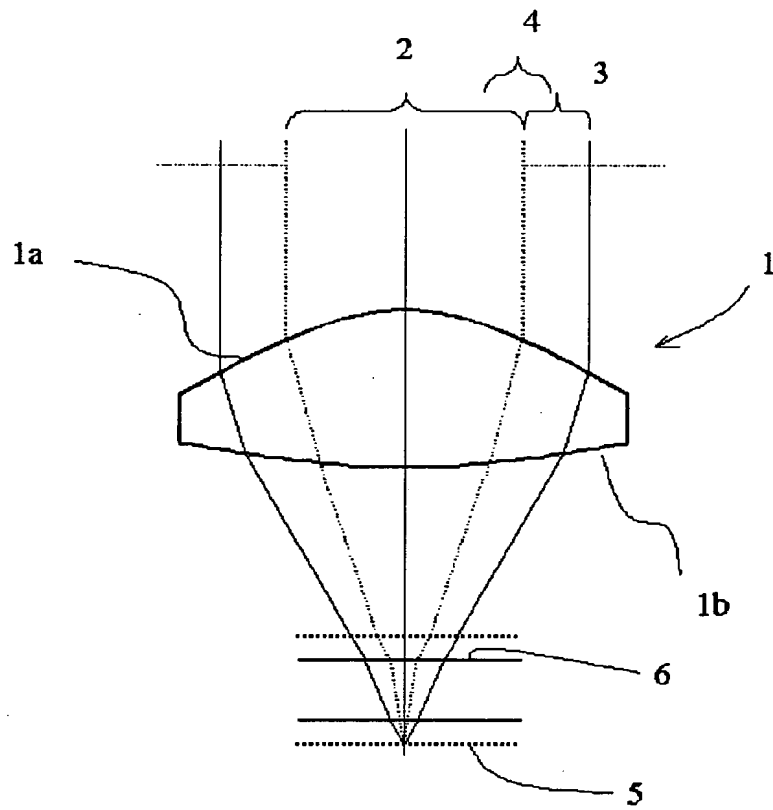
【書類名】

図面

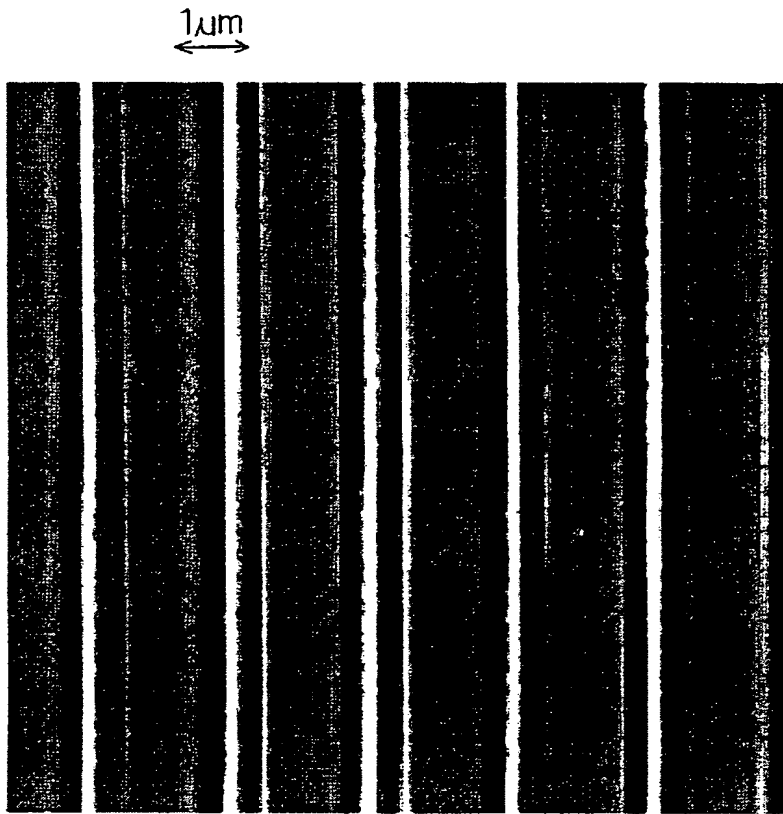
【図 1】



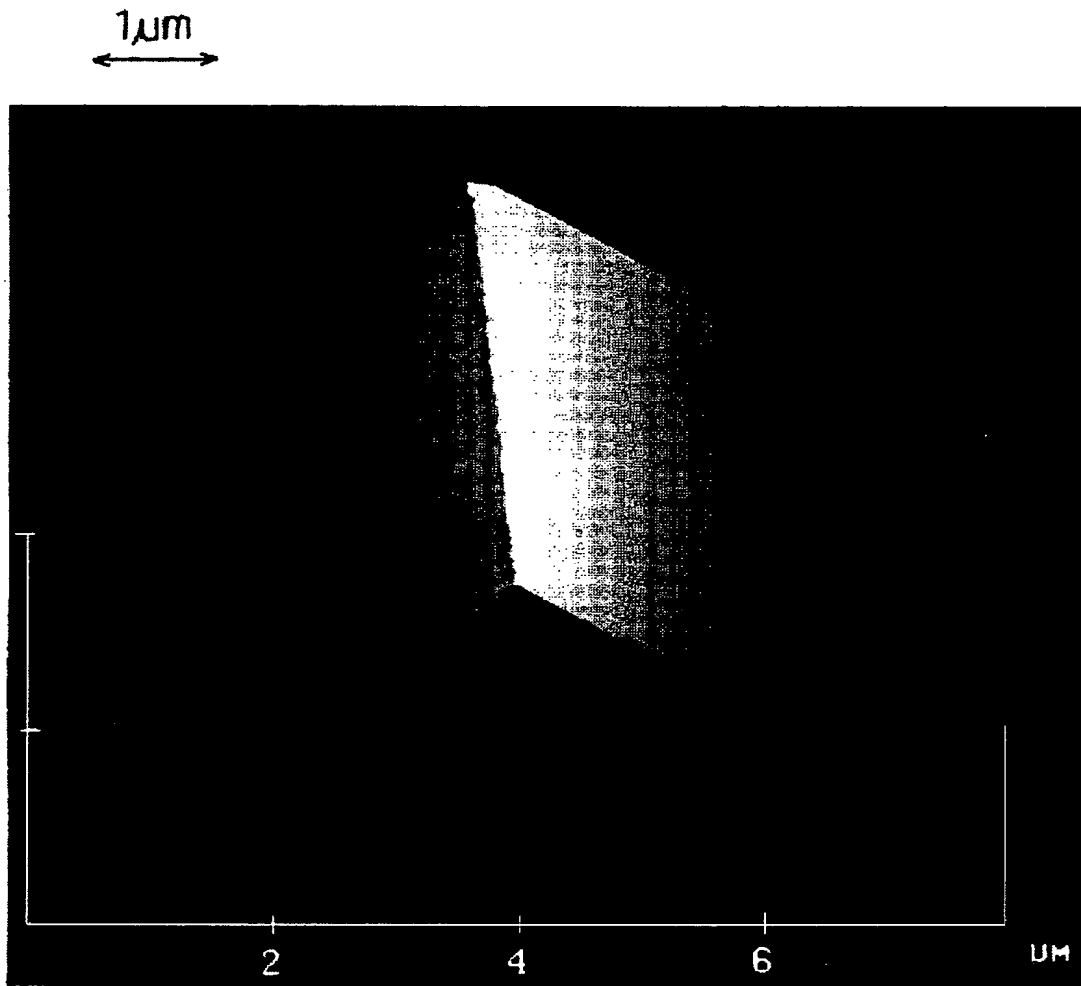
【図2】



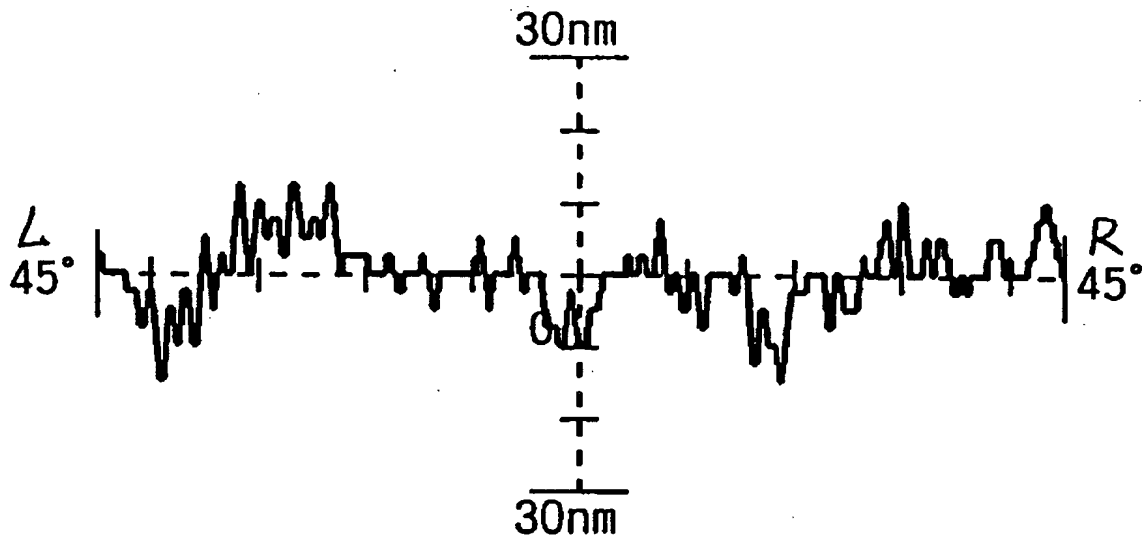
【図 3】



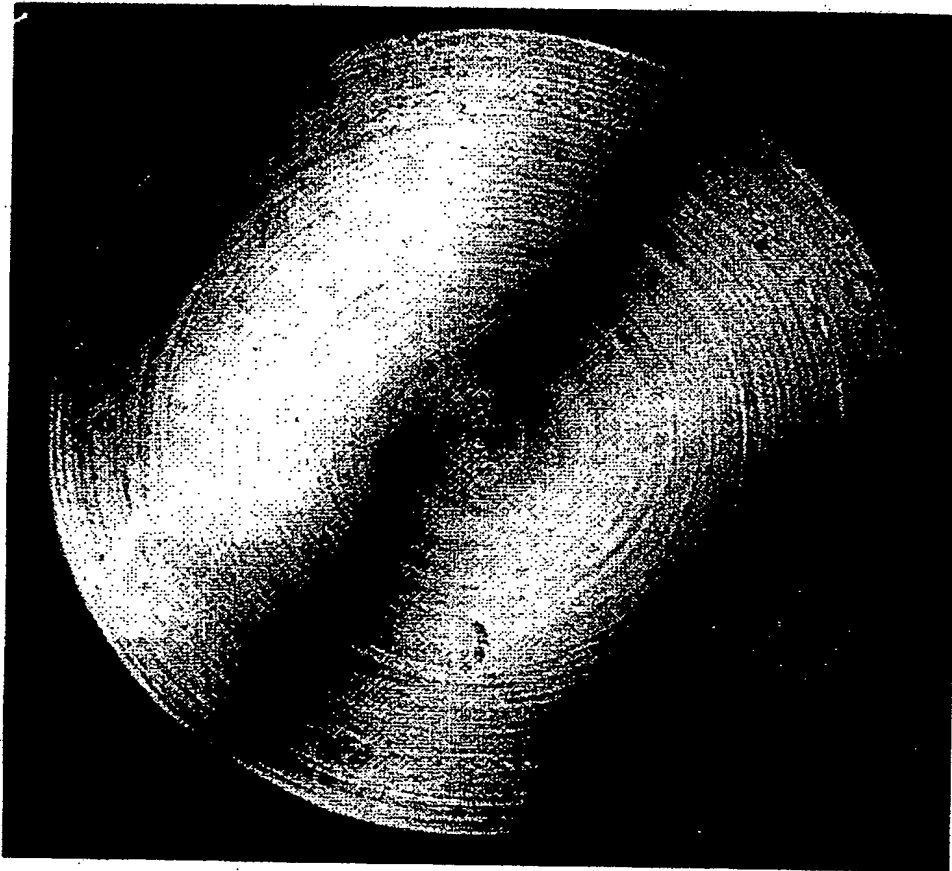
【図 4】



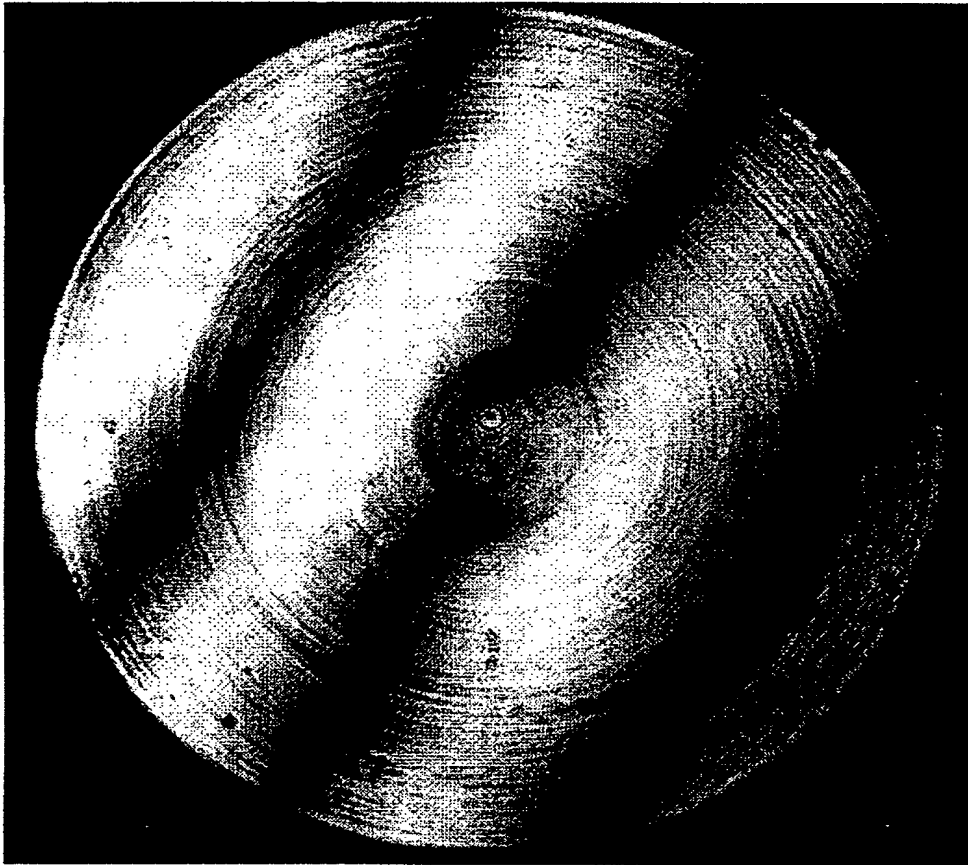
【図 5】



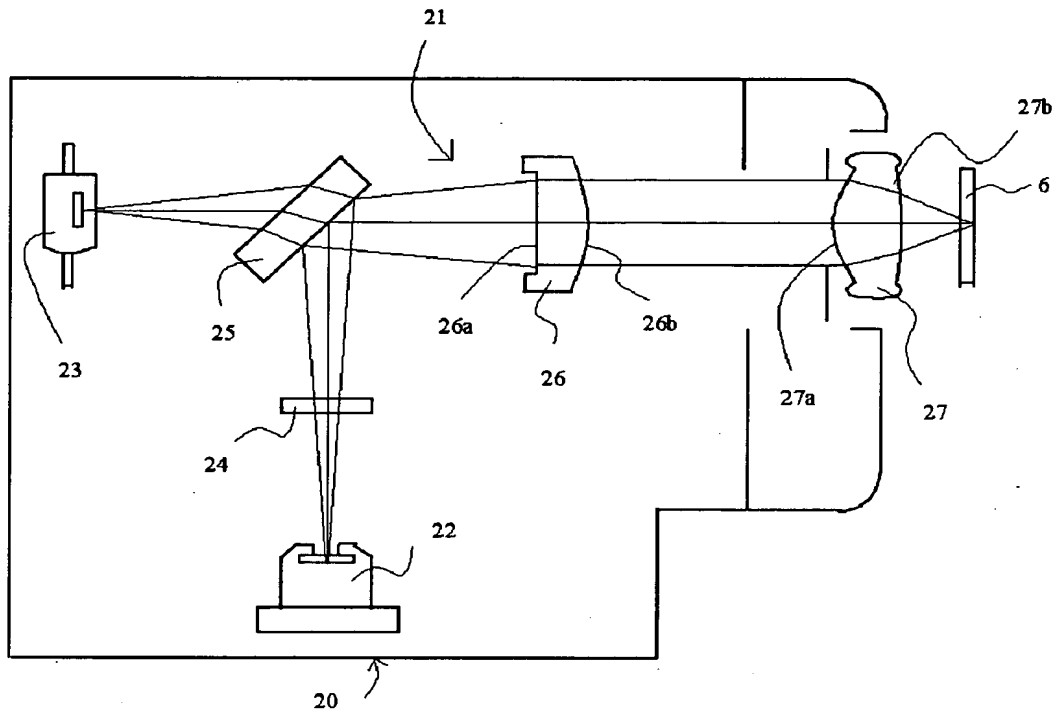
【図 6】



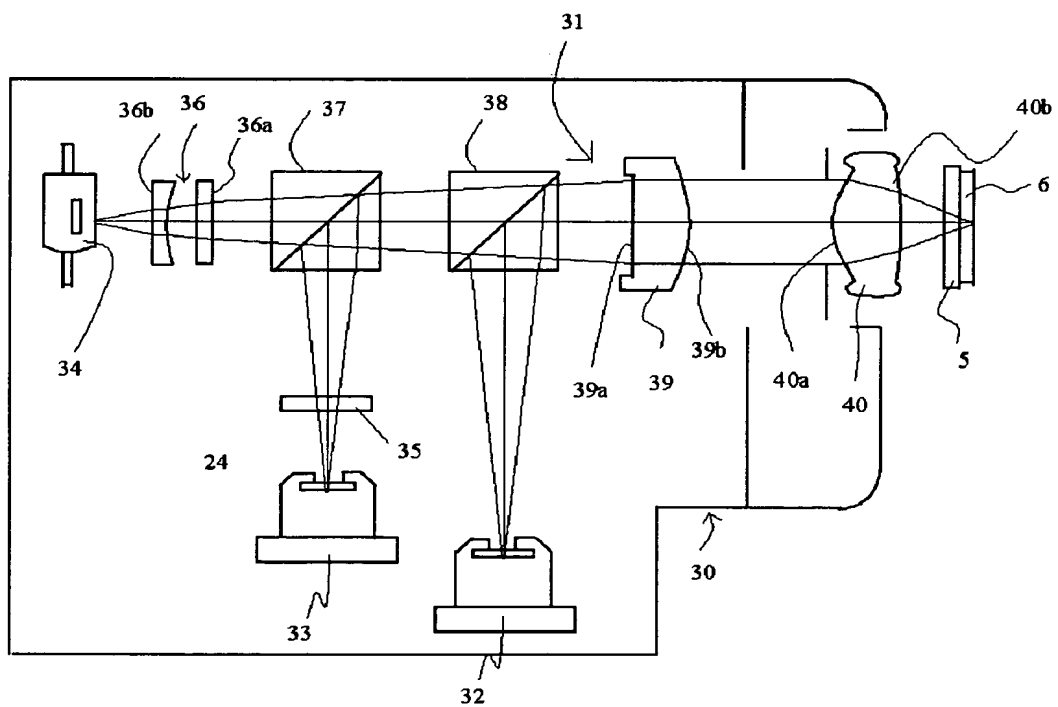
【図 7】



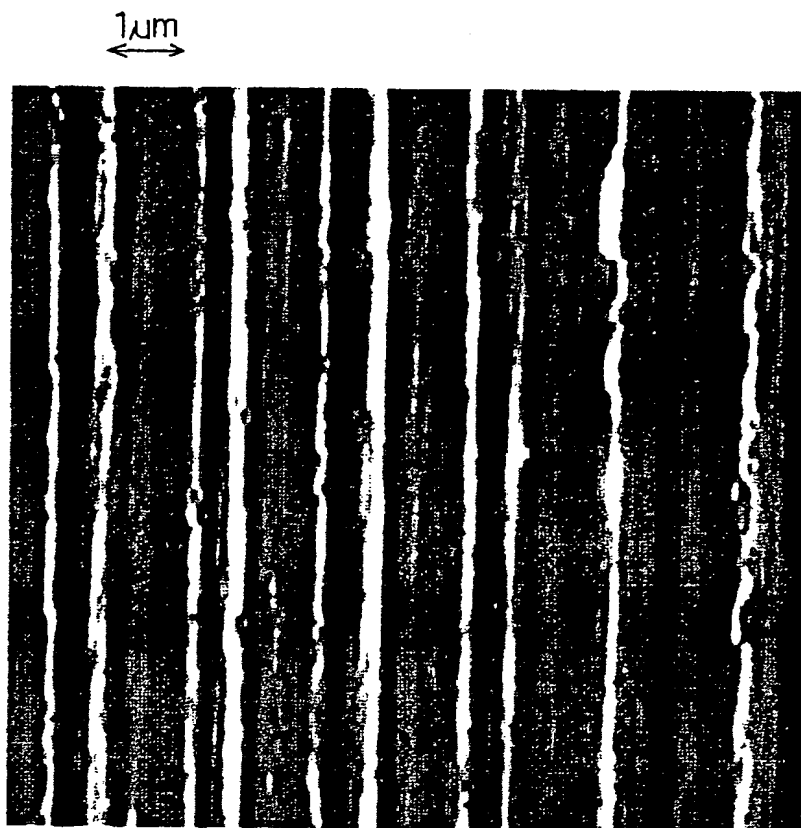
【図 8】



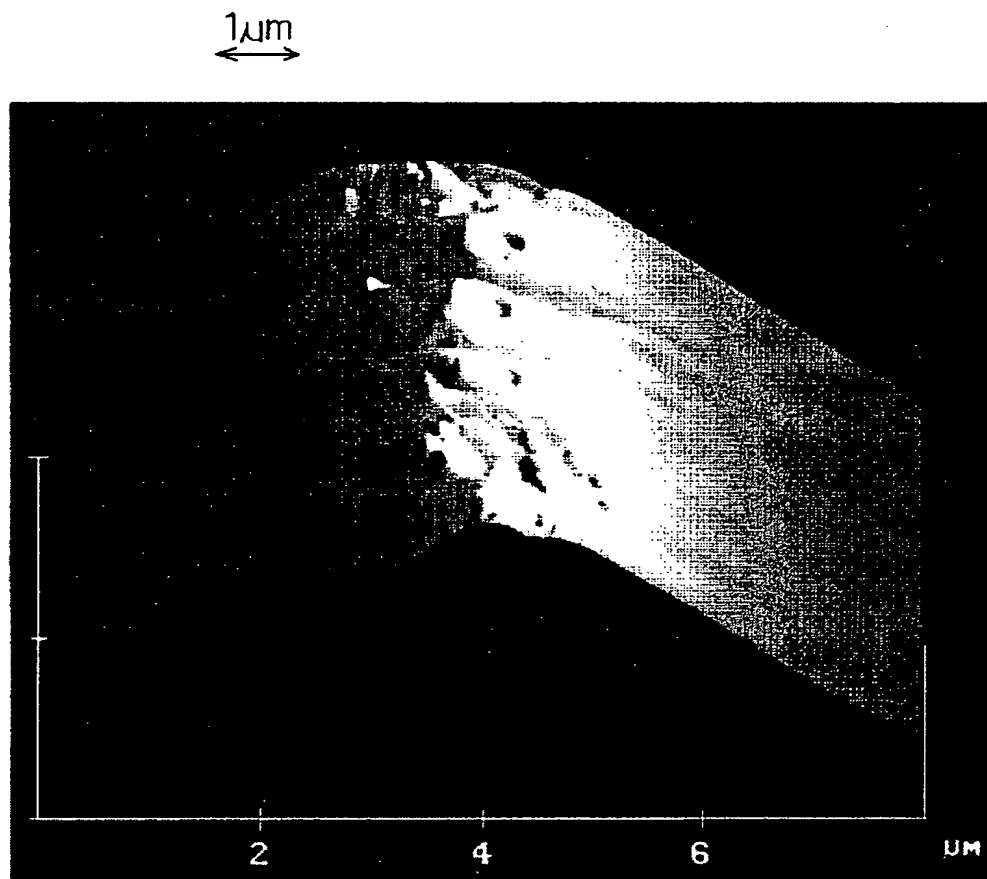
【図 9】



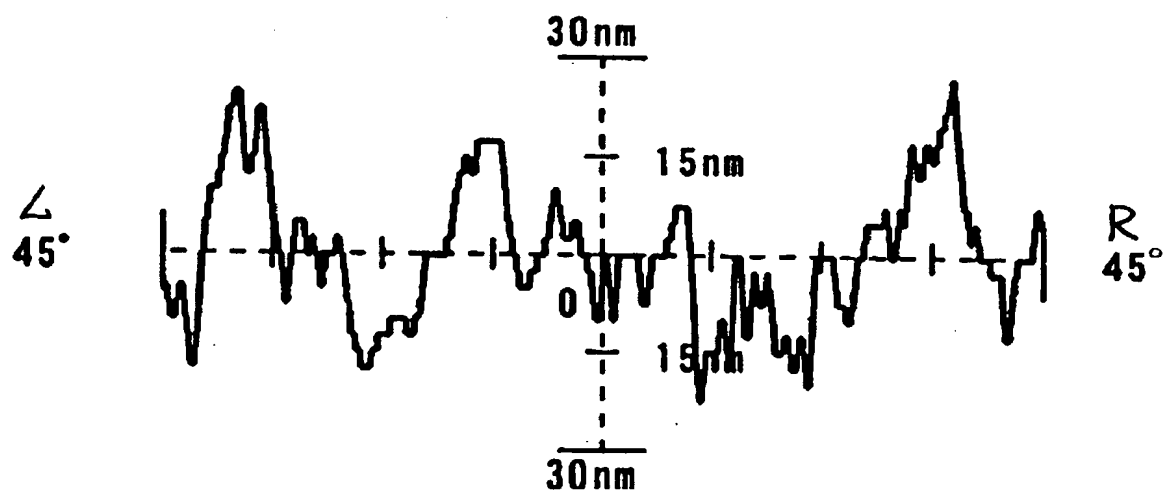
【図 1 0】



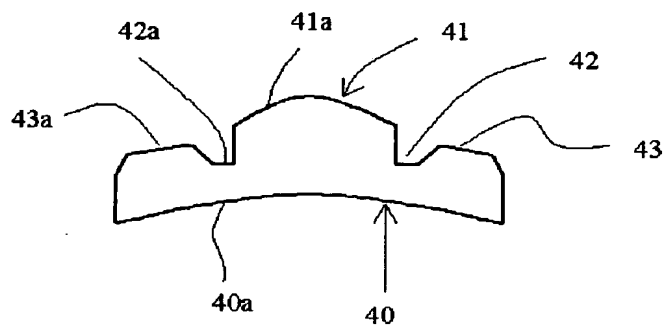
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 短波長の光に関し散乱光を減じることのできる光学素子、光学系、及び従来よりも短波長の光源を使用した場合でも散乱光を減じ、読み取り・書き込みエラーを防止することのできる光ピックアップ装置を提供する。

【解決手段】 この光学素子 1 は中心線表面平均粗さ R_a が 5 nm 以下である光学面 1 a, 1 b を両面に有することにより、特に、500 nm 以下の短波長の光に対して散乱光を減じることができる。この光学素子を光学系は含み、この光学系を光ピックアップ装置は含む。

【選択図】 図 2

認定・付加情報

特許出願の番号	平成11年 特許願 第276209号
受付番号	59900949248
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成11年10月 1日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成11年 9月29日
-------	-------------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001270]

1. 変更年月日 1990年 8月14日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都新宿区西新宿1丁目26番2号
氏 名 コニカ株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.